

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr/Frau  
**Christoph Hanisch**

**4K und höhere Auflösung in  
den Sendeanstalten:  
Analyse und Beschreibung ak-  
tueller Technik**

2015

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **4K und höhere Auflösung in den Sendeanstalten: Analyse und Beschreibung aktueller Technik**

Autor:  
**Herr Christoph Hanisch**

Studiengang:  
**TV-Producer/Journalist**

Seminargruppe:  
**AM12wT6-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Mike Winkler**

Zweitprüfer:  
**B.Eng. / M.A. Constanze Hundt**

Einreichung:  
Berlin, 20.07.2015

# **BACHELOR THESIS**

---

## **4K and higher resolution in broadcasting: Analysis and characterization of recent technology**

author:  
**Mr. Christoph Hanisch**

course of studies:  
**Tv-Producer/Journalist**

seminar group:  
**AM12wT6-B**

first examiner:  
**Prof. Mike Winkler**

second examiner:  
**B.Eng. / M.A. Constanze Hundt**

submission:  
Berlin, 20.07.2015

## Bibliografische Angaben:

Hanisch, Christoph:

### **4k und höhere Auflösung in den Sendeanstalten: Analyse und Beschreibung aktueller Technik**

4K and higher resolution in broadcasting: Analysis and characterization of recent technology

2015 - 49 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,

Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2015

## **Abstract**

4K Auflösung soll als neuer Standard für Film und Fernsehen gelten. Sie ist schon in vielen professionellen Produktionen aufzufinden. Die Unterhaltungsindustrie sieht darin einen neuen Absatzmarkt, obwohl sich Full HD erst in den letzten Jahren richtig etabliert hat. Was macht dieses Format so besonders? Warum nicht vorerst bei Full HD bleiben? Wie wird das neue Format von den Konsumenten wahrgenommen? Sind die Distributoren überhaupt in der Lage 4K Material zu produzieren und auszustrahlen?

Um diese Fragen zu klären werden die vorhandenen technischen Möglichkeiten analysieren und beschrieben.

# Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b>Abstract.....</b>   | <b>IV</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>                                    | <b>VII</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>                                      | <b>IX</b>  |
| <b>1 Einleitung.....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>2 Was ist Auflösung?.....</b>                                     | <b>3</b>   |
| 2.1 Das Pixel.....   | 3          |
| 2.2 Der Bildsensor .....   | 5          |
| 2.3 Formate.....   | 5          |
| 2.3.1 SD.....  | 6          |
| 2.3.2 HD Ready.....  | 7          |
| 2.3.3 Full HD und 2k.....  | 7          |
| 2.3.4 Ultra HD, 4K und 8K.....                                       | 8          |
| <b>3 4K in den Medien .....</b>                                      | <b>10</b>  |
| 3.1 Film .....   | 10         |
| 3.2 Fernsehen .....  | 13         |
| <b>4 Technik zur Produktion und Verbreitung von 4K Material.....</b> | <b>15</b>  |
| 4.1 Die Kamera.....  | 15         |
| 4.2 Die Verarbeitung.....  | 17         |
| 4.3 Die Verbreitung/4K-fähige Abspielgeräte.....                     | 20         |
| <b>5 Full HD versus 4K.....</b>                                      | <b>21</b>  |
| <b>6 Nachwirkungen von höheren Auflösungen für Produktionen.....</b> | <b>25</b>  |
| 6.1 Kameradepartment.....  | 26         |
| 6.2 Maskenbildner.....   | 27         |
| 6.3 Kostüm.....  | 29         |
| 6.4 Postproduktion.....  | 30         |
| <b>7 Ausblick in die Zukunft und Fazit.....</b>                      | <b>32</b>  |
| <b>Literaturverzeichnis.....</b>                                     | <b>X</b>   |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Eigenständigkeitserklärung.....</b> | <b>XV</b> |
|--|-----------|

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Pixelstruktur.....  | 3  |
| Abbildung 2: Auflösung im Verhältnis zur Pixelanzahl-und Größe.....  | 4  |
| Abbildung 3: CMOS-Sensor einer Spiegelreflexkamera .....   | 5  |
| Abbildung 4: Full HD Logo.....   | 7  |
| Abbildung 5: Größenverhältnis der Auflösungen.....   | 9  |
| Abbildung 6: Cinemaxx wirbt mit Sony Ultra-HD Projektionen.....  | 11 |
| Abbildung 7: Werbebild von RED für ihren Dragon Sensor.....  | 12 |
| Abbildung 8: Sony F55 für eine Live-Übertragung vorbereitet.....   | 14 |
| Abbildung 9: Typische Vignette, Objektivrand innerhalb der Sensorfläche.....   | 16 |
| Abbildung 10: Panasonic GH4 Werbung.....   | 17 |
| Abbildung 11: verschiedene Codecs und ihre Speicherplatz-Anforderungen.....  | 18 |
| Abbildung 12: "4K fähige" Speicherkarte von SanDisk.....   | 18 |
| Abbildung 13: Workflow des Hollywood Blockbusters "Gone Girl", NVIDIA und RED. .                                       | 19 |
| Abbildung 14: Ein 1:1 Zuschnitt des 1080p Bildes, ganz klar erkennbar: es passt vier mal in das darunter liegende..... | 22 |
| Abbildung 15: 100% Crop, 1080p und 4k sind eindeutig zu unterscheiden.....   | 23 |
| Abbildung 16: GH4 4k versus GH3 Full HD.....   | 24 |
| Abbildung 17: Vor allem Canon wirbt mit der Entwicklung 4K-fähiger Objektive.....                                      | 27 |
| Abbildung 18: RED Dragon Detail Quelle: <a href="https://vimeo.com/77096287">https://vimeo.com/77096287</a> .....      | 28 |
| Abbildung 19: Beispiel für Moire Effekt .....  | 29 |
| Abbildung 20: Mond beschnitten.....  | 32 |

---

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 21: beyond 4K Quelle: <a href="http://mashable.com/2015/01/06/ces-2015-4k-screens-analysis/">http://mashable.com/2015/01/06/ces-2015-4k-screens-analysis/</a> ..... | 33 |
| Abbildung 22: Dolby HDR Demo, links mit HDR, rechts ohne HDR.....   | 34 |



## **Tabellenverzeichnis**

|   |   |
|---|---|
| Tabelle 1: Übersicht der Auflösungsformate..... | 6 |
|---|---|

# 1 Einleitung

„Noch schärfer als die Wirklichkeit“<sup>1</sup>

Die Unterhaltungsindustrie strebt immer wieder nach neuen Maßstäben, setzt sich immer wieder höhere Ziele um neue Absatzmärkte zu gewinnen. Das Bestreben neue Auflösungsformate zu etablieren ist groß.

Full Hd ist nun schon seit einigen Jahren auf dem Markt, die Preise sinken und die Industrie muss neue Standards setzen, um das Kaufbedürfnis der Kunden zu wecken.

Seit nun schon einigen Jahren ist das Hauptthema der Industrie die 4K Auflösung. Sie soll mit einer viermal so hohen Auflösung wie Full HD ein noch detailgetreueres Bild liefern und dem Konsumenten höhere Bildschirmdiagonalen ermöglichen. Dieses neue Auflösungsformat soll also dem Konsumenten ein völlig neues Seherlebnis ermöglichen.

Die Sendeanstalten sehen hier natürlich auch eine Möglichkeit den Zuschauer an sich zu binden und ihm neuen Content zur Verfügung zu stellen. Doch schon bei der Umstellung von SD auf Hd gab es viele Probleme mit denen die Sender zu kämpfen hatten und es dauerte einige Jahre bis die ersten Sendungen in HD ausgestrahlt werden konnten. Es mussten unter anderem neue Codecs implementiert werden um das HD-Material über die bestehenden Distributionswege an den Empfänger zu bringen. Auch heute, wo in fast jedem Haushalt ein HD-Gerät zu finden ist, werden aus Kostengründen noch einige Sendungen in SD produziert und einfach hochskaliert. Wie gehen die Sender nun jedoch mit 4K bzw. Ultra HD um?

In dieser Arbeit wird diskutiert, ob die Sendeanstalten darauf vorbereitet sind eine Umstellung auf das Übertragen und Produzieren von 4K-Material zu wagen und welche technischen Möglichkeiten hierfür zur Verfügung stehen.

---

<sup>1</sup> URL: <https://tecwatchcrossmedia.wordpress.com/2012/09/01/noch-scharfer-als-die-wirklichkeit/> (aufgerufen 03.06.2015)

---

Dazu wird vorerst auf die Grundlagen zur Auflösung eingegangen. Hierfür gibt die Arbeit Einblicke in den Aufbau eines Pixels und eines Bildsensors und wie dieser arbeitet. Weiterhin wird über die verschiedenen Auflösungsformate in Kino und Fernsehen informiert. Im Zuge dessen werden diese auch verglichen, um Unterschiede aufzuzeigen.

Danach wird darauf eingegangen, wie das neue Format, 4K, in Film und Fernsehen vom Rezipienten aufgenommen wird und welche Probleme es in beiden Branchen gibt.

Anschließend wird analysiert, welche Technik zur Produktion von 4K-Content vorhanden ist und wie diese im Produktionsalltag eingesetzt wird. Außerdem wird aufgeklärt, ob sich die Produktion von Material in 4K oder Ultra HD rentiert, wie ein entsprechender Workflow implementiert werden kann und welche Auswirkungen die höhere Auflösung für Produktionen mit sich bringt.

Abschließend wird ein Ausblick in die Zukunft gegeben. Welche neuen Ziele setzt sich die Unterhaltungsindustrie, nach welchen Auflösungen wird als nächstes gestrebt?

## 2 Was ist Auflösung?

Um darüber zu diskutieren welche Probleme neue Auflösungsformate mit sich bringen und ob die Sender darauf vorbereitet sind eben diese zu produzieren und an den Konsumenten zu bringen, müssen vorerst die Grundlagen erklärt werden. Hierzu wird erläutert wie ein Bild eigentlich aufgebaut ist und was dazu beiträgt eine bestimmte Auflösung zu erhalten.

### 2.1 Das Pixel

Die Auflösung eines Bildes wird durch Pixel bestimmt. Bilder bestehen immer aus einer bestimmten Anzahl dieser Pixel, welche in ihrer Summe, eben die Auflösung angeben. Das Wort Pixel oder auch Bildpunkt stammt von dem englischen Wort *picture element* ab<sup>2</sup>. Das Pixel bildet also das Grundelement eines Bildes.

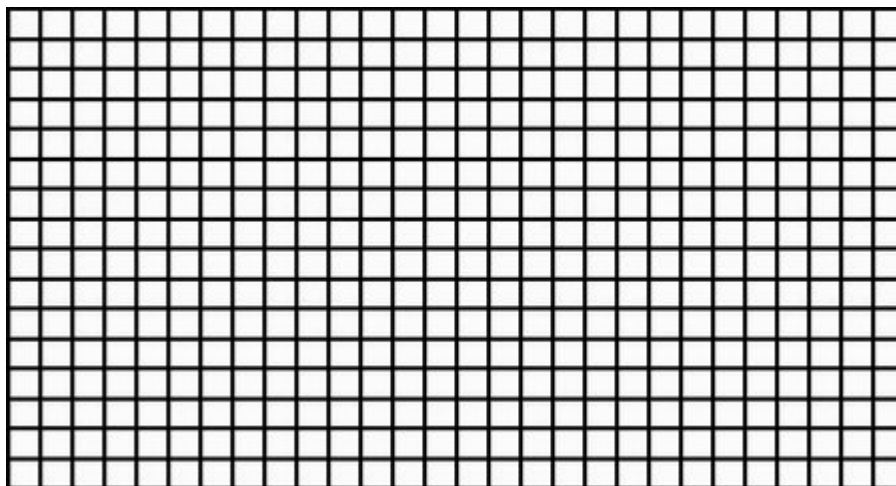


Abbildung 1: Pixelstruktur

<sup>2</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Pixel> (aufgerufen am 03.06.2015)

Abbildung 1: <http://www.cine4home.de/Specials/PT4000SmoothScreen/Pixel1.jpg> (aufgerufen am 03.06.2015)

---

In der Film- und Fernsehproduktion spricht man bei der Angabe der Pixel von Breite mal Höhe, dass heißt die Auflösung wird in vertikaler und horizontaler Richtung angegeben. Als Verdeutlichung das Beispiel der Full Hd Auflösung:

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Breite     | x | Höhe       |
| 1920 Pixel | x | 1080 Pixel |

Diese Angabe über Pixel wird vor allem in der Videobranche verwendet um zum Beispiel die genaue Pixelzahl eines Bildes zu ermitteln, die Megapixel. Das heißt aber nicht, dass einige Pixel „besser“ als andere sind. Hier wird einfach die Maßangabe *Mega* als millionenfache Angabe der Pixel verwendet.

Um ein Bild besonders hochauflösend darzustellen, benötigt man eine große Menge an Pixeln. Je mehr Pixel in einem Bild vorhanden sind, desto besser lassen sich kleinste Details darstellen und Kanten erscheinen glatter.<sup>3</sup> Dies bedeutet dann im Umkehrschluss, dass die Auflösung eines Bildes größer ist, je mehr Pixel zur Verfügung stehen.

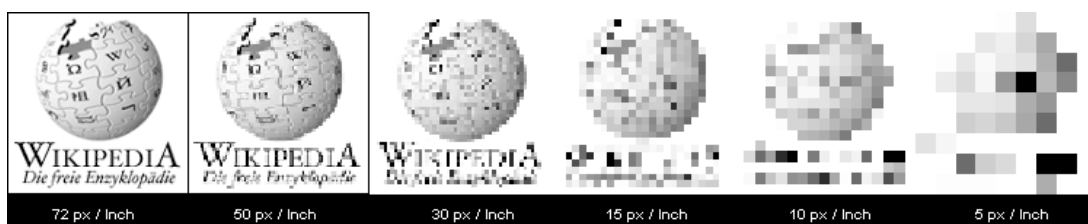


Abbildung 2: Auflösung im Verhältnis zur Pixelanzahl- und Größe

Die Anzahl der vorhandenen Pixel bestimmt also die Qualität eines Bildes. Wird die Auflösung erhöht, steigt auch die Anzahl der Pixel auf der Bildfläche.

Dies ist jedoch nicht erst bei der Wiedergabe auf dem Endgerät des Konsumenten wichtig, sondern spielt eben auch die entscheidende Rolle beim Aufnahme-prozess in der Kamera.<sup>4</sup> Doch was legt eigentlich den Grundstein für die Auflösungsqualität?

---

<sup>3</sup> Vgl. Waldruff S.3

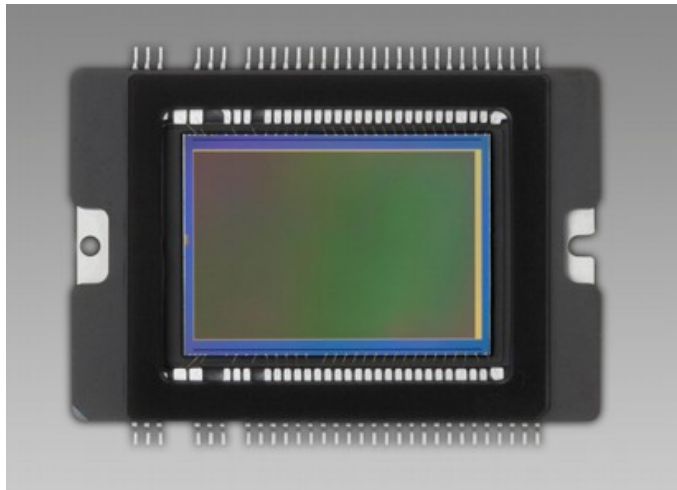
Abbildung 2: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Wikipixel.png> (aufgerufen am 03.06.2015)

<sup>4</sup> Siehe Waldruff Kapitel: Der digitale Bildsensor

---

## 2.2 Der Bildsensor

Um die höchstmögliche Auflösung zu erzielen, benötigt man heutzutage einen digitalen Bildsensor. Diesen kann man sich als ein Pixelraster vorstellen, welches jedoch aus vielen lichtempfindlichen Dioden besteht, welche durch elektronische Prozesse Bildinformationen aufnehmen. Diese werden dann in der Kamera weiterverarbeitet.



*Abbildung 3: CMOS-Sensor einer Spiegelreflexkamera*

Wie bei einem fertigen Bild, ist auch hier die Auflösung größer, je mehr dieser Dioden auf der Sensorfläche vorhanden sind. Diese Dioden wandeln auf den Sensor treffende Lichtstrahlen, also analoge Informationen, in digitale Signale um. Deshalb wird ein Sensor auch als Analog-Digital-Wandler bezeichnet.<sup>5</sup>

Heutzutage werden in den meisten Foto- und Videokameras sogenannte CMOS-Sensoren verbaut. Diese sind in großen Mengen kostengünstig herzustellen und sollen sehr stromsparend sein.<sup>6</sup>

## 2.3 Formate

Im Kapitel „Das Pixel“ wurde bereits erwähnt, dass die Pixelanzahl die Auflösungsqualität eines Bildes beeinflusst. Je mehr Pixel für ein Bild zur Verfügung stehen, desto detailreicher wird es. Die Auflösungsqualität lässt sich in der Film- und Fernsehlandschaft durch verschiedene Auflösungsformate veranschauli-

---

<sup>5</sup> URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Analog-Digital-Umsetzer> (aufgerufen am 03.06.2015)

<sup>6</sup> Vgl. Pallister: „digital media und HD“. Bockenheim, 2005 S.110

---

chen. Um die Bedeutung von 4K besser beurteilen zu können, ist es wichtig Kenntnisse über die bisherigen Auflösungsformate zu besitzen. Denn nur im Vergleich zu den vorherigen Auflösungsstandards kann eine Aussage über den Mehrwert an Qualität von 4K getroffen werden.

In der folgenden Tabelle werden die bekanntesten Auflösungsformate der Film- und Fernsehbranche dargestellt. Diese sind aufsteigend nach ihrer Qualität sortiert.

|                         | <b>SD</b> | <b>HD Ready</b> | <b>Full HD</b> | <b>2K</b>   |
|-------------------------|-----------|-----------------|----------------|-------------|
| <b>Auflösungsformat</b> | 720x576px | 1280x720px      | 1920x1080px    | 2048x1080px |

|                         | <b>Ultra HD/UHD-1</b> | <b>4K</b>   | <b>Ultra HD/UHD-2</b> | <b>8K</b>   |
|-------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| <b>Auflösungsformat</b> | 3840x2160px           | 4096x2160px | 7680x4320px           | 8192x4320px |

Tabelle 1: Übersicht der Auflösungsformate

### 2.3.1 SD

SD ist die Abkürzung der englischen Bezeichnung „*Standard Definition*“. SD war viele Jahre der Standard im Bereich der Übertragungsformate im Fernsehen. Diese Auflösung wurde schon vor langer Zeit als Standard ausgewählt und bietet zudem die schlechteste Bildqualität. Die uns bekanntesten SD-Signale sind das in Europa verwendete PAL Signal und das im angloamerikanischen Raum verwendete NTSC Signal. Das Seitenverhältnis (Quotient der Pixelbreite und Höhe) beider Signale ist 4:3. Daneben gibt es jedoch auch eine Variante im 16:9 Format. Auch heute im Zeitalter des HD-Fernsehens werden noch SD-Signale von vielen Haushalten empfangen. Die TV-Geräte skalieren dieses Material nachträglich hoch, was jedoch mit der Qualität echten HD-Materials nicht zu vergleichen ist.

---

### 2.3.2 HD Ready

Die Abkürzung HD stammt aus dem englischen „*High Definition*“ und bedeutet zudeutsch, hochauflösendes Fernsehen (*HDTV*). Aktuell werden in der deutschen Fernsehlandschaft zwei HD Formate verwendet, 720p und 1080i. Mittlerweile geht der Begriff HD sogar über diese beiden Auflösungsstandards hinaus. In Zukunft werden weit höher auflösende Formate unter dem Kürzel HD verstanden werden. HD Ready ist auch bekannt als das „kleine HD.“ Dieses Format stellt den ersten Schritt in Richtung hochauflösendes Fernsehen dar. Qualitativ ist HD Ready deutlich besser als das Standard Definition Fernsehen (*SD*). Das Besondere an diesem Format ist das veränderte Seitenverhältnis von 4:3 auf 16:9. Viele TV-Sender, darunter die ARD und das ZDF strahlen dieses Format aus.<sup>7</sup>

### 2.3.3 Full HD und 2k

Full HD soll wie der Name bereits vermuten lässt, die volle HD Auflösung gewährleisten. Mit seinen 1920x1080 Pixeln ist es aktuell das gängigste HD Format. Demnach stellt Full HD auch das Referenzformat im HD Bereich dar. Es bietet eine gegenüber SD bis zu 5 mal höhere Auflösung.<sup>8</sup>



Abbildung 4: Full HD Logo

---

<sup>7</sup> URL: [http://www.ard-digital.de/empfang--technik/von-a-bis-z---die-technische-seite-des-fernsehens?glossary\\_category=ghi](http://www.ard-digital.de/empfang--technik/von-a-bis-z---die-technische-seite-des-fernsehens?glossary_category=ghi) (aufgerufen am 04.06.2015)

<sup>8</sup> Vgl. Pallister S.53

Abbildung 4: <http://scifiu.com/wp-content/uploads/2009/11/Logo-Full-HD8-R-10683-3.jpg> (aufgerufen am 04.06.2015)



---

Nicht nur im Fernsehen, auch auf BluRays und Internetplattformen hat sich Full HD zum standardisierten Auflösungsformat entwickelt, obwohl die qualitativen Vorteile im Vergleich zum kleineren HD Ready, zumindest im TV Bereich, umstritten sind.

### 2.3.4 Ultra HD, 4K und 8K

Ultra HD stellt das revolutionäre HD Format im Fernsehen dar. Zu Beginn bezeichnete nahezu jeder Hersteller das neue Format nach seinen individuellen Vorstellungen. Die zweifache Anzahl an Pixel in der horizontalen, sowie der vertikalen Ausrichtung, ergeben die vierfache Pixelanzahl im Vergleich zu Full HD. Daraus resultierte auch die Bezeichnung Quad HD. Um die Verwirrung der Konsumenten zu minimieren, einigte man sich auf die einheitliche Bezeichnung Ultra HD (*UHD*).<sup>9</sup> Ultra HD gilt im TV Bereich als Überbegriff für Auflösungen mit 3840 oder gar 7680 Pixeln in horizontaler Ausrichtung. Aus diesem Grund wird Ultra HD in dieser Arbeit in UHD-1 und UHD-2 unterteilt. UHD- 1 steht für die 4K ähnliche Auflösungsqualität, UHD-2 stattdessen für das 8K ähnliche Auflösungsformat.

Die 4K Auflösung symbolisiert im Kino das momentane Flaggschiff in der Auflösungsflotte. 4K ist das höchst auflösende Format in dem digital produzierte Filme aufgenommen und wiedergegeben werden können. Die Aufnahmetechniken selbst gehen bereits über 4K hinaus, jedoch sind entsprechende Wiedergabegeräte (*Projektoren und TV Geräte*) bisher nicht verfügbar. Ein in 4K Qualität vorliegendes Bild besitzt 4096 Pixel in der Breite und somit doppelt so viele Pixel wie die 2K Auflösung und geringfügig mehr als das Pendant der Fernsehindustrie, das Ultra HD-1 Signal mit 3840 Pixeln pro Zeile. Vereinzelte Kinosäle strahlen bereits in 4K Qualität aus. In der Fernsehbranche gilt der japanische Konzern *NHK* als Vorreiter. Das Ziel des japanischen Senders, ist die Ausstrahlung der Fußball Weltmeisterschaft 2014 in Brasilien in 4K bzw. Ultra HD-1 Qualität.

---

9 URL: <http://www.netzwelt.de/news/94926-ultra-hd-4k-fernseher-bereits-erhaeltlich.html> (aufgerufen am 06.06.2015)

---

UHD-2 löst mit 7680x4320 Pixeln auf und soll das UHD-1 Signal ablösen. Dieses Format kann zum aktuellen Zeitpunkt jedoch vernachlässigt werden, denn bevor UHD-2 realisierbar und massentauglich ist, werden noch einige Jahre vergehen. Es gibt jedoch erste Bestrebungen UHD-1 direkt zu überspringen und mit UHD-2 fortzufahren. Als realistisch kann dieses vorgehen jedoch nicht bezeichnet werden, da die Industrie auf diese Weise einen wichtigen Vermarktungsschritt auslassen würde. Ähnlich zum UHD-2 Format steht 8K Aufnahme-technik zum aktuellen Zeitpunkt nicht zur Verfügung. 8K Auflösung bedeutet für die Kinoprojektion 8192 Pixel in der horizontalen Ausrichtung. Das sind insgesamt 16mal so viele Bildinformationen wie bei einem 2K Bild. Mit der *Sony F65* gibt es bisher nur eine 4K Kamera die durch ein Update zu 8K Aufnahmen in der Lage sein soll. Vorreiter in diesem Segment ist ebenfalls der japanische Sender *NHK*. Dessen Planungen in 8K auszustrahlen beschränken sich aktuell auf das Jahr 2016.<sup>10</sup>



Abbildung 5: Größenverhältnis der Auflösungen

Wie im Kapitel *Das Pixel* bereits dargelegt wurde, ist die Abbildungsqualität umso höher, je mehr Pixel vorhanden sind. So ist die Abbildungsleistung eines UHD Bildes beispielsweise 4mal so hoch, wie die eines Full HD Bildes.

---

<sup>10</sup> URL: <http://www.computerbase.de/2013-01/nhk-startet-8k-tv-ausstrahlung-bereits-ab-2016/> (aufgerufen am 06.06.2015)

Abbildung 5: <http://www.zdnet.de/wp-content/uploads/2013/01/uhd-tv-resolution.png> (aufgerufen am 06.06.2015)

## 3 4K in den Medien

Die Unterhaltungsindustrie ist fasziniert von den neuen Möglichkeiten, welche die neue Auflösung zu bieten hat. Schon bevor man überhaupt den ersten Content in echtem 4K auf der Leinwand oder zuhause auf dem Fernseher sehen konnte, wurden viele große Hollywood Filme in diesem Format produziert. Anfangs wurde viel experimentiert um die Grenzen des „Auflösungs-Wunders“ auszutesten. Es wurden Vor- und Nachteile abgewägt. Dann kam man zu dem Schluss; dies wird der neue Standard für Kino und Fernsehen. Doch wie reagieren die Zuschauer auf diese neue Art Bewegtbild zu konsumieren?

### 3.1 Film

Wie bereits erwähnt, werden bei großen Spielfilmproduktionen bereits seit geraumer Zeit 4K-Fähige Kameras genutzt. Durch die hohe Auflösung, hat man in der Postproduktion die Möglichkeit das Bild fast verlustfrei zu skalieren und somit können Fehler im Bild, welche erst nach Ende der Produktion auffallen, leicht beseitigt werden. Eine der ersten Firmen mit einer 4K-fähigen Kamera war die Firma RED. 2007 brachten sie ihre Kamera RED ONE auf den Markt, ab 2008 verkauften sie 400 Kameras pro Monat.<sup>11</sup> Anhand dessen kann man erkennen, dass schon 2007 bis 2008 die Nachfrage an 4K-fähiger Technik sehr hoch war.

Laut Pete Lude dem ehemaligen Präsidenten der *Society of Motion Picture and Television Engineers* hat 4K schon seit seiner „Erfindung“ eine wichtige Rolle im digitalen Kino gespielt, der Umstieg jedoch sei teuer und zeitintensiv.<sup>12</sup>

Doch wie sieht es mit der Peripherie aus um entsprechendes Material im Kinosaal zu konsumieren? Sony jedenfalls wirbt damit, seine Kunden genauestens zu kennen und zu wissen, dass sich jeder Rezipient nach einer atemberauben-

---

<sup>11</sup> URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Red\\_Digital\\_Cinema\\_Camera\\_Company#Produkte](https://de.wikipedia.org/wiki/Red_Digital_Cinema_Camera_Company#Produkte) (aufgerufen am 07.06.2015)

<sup>12</sup> URL: <http://www.digitaltrends.com/photography/4k-is-already-playing-at-a-theater-near-you-but-you-probably-didnt-even-notice/> (aufgerufen am 07.06.2015)

---

deren Bildqualität sehnt<sup>13</sup>. Viele Kinos wurden mit der 4K Projektor-Technik von Sony ausgestattet, so zum Beispiel die bekannten Ketten UCI und Cinemaxx.<sup>14</sup>



*Abbildung 6: Cinemaxx wirbt mit Sony Ultra-HD Projektionen*

Nun bleibt jedoch die Frage ob die Zuschauer den Unterschied zwischen einer 2K-Projektion und einer 4K-Projektion überhaupt wahrnehmen. Wie schon in Kapitel 2 erwähnt, werden mit höherer Auflösung auf gleicher Fläche die Pixel eines Bildes kleiner und steigen in ihrer Anzahl. Dies ermöglicht dem Konsumenten ohne Qualitätseinbußen näher an den Bildschirm zu rücken. Im Gegensatz dazu steigt die wahrgenommene Qualität eines Bildes mit niedrigerer Auflösung, wenn man sich weiter davon entfernt. In einem Kinosaal hat man größtenteils einen sehr hohen Abstand zur Kinoleinwand und somit schwindet der große Unterschied zwischen 2K und 4K.<sup>15</sup>

Doch nicht nur 4K ist ein Thema im Bereich des digitalen Kinos. Anfang 2013 stellte RED eine Weiterentwicklung ihres Erfolgsmodells RED EPIC, die RED Dragon vor.<sup>16</sup> Diese besitzt einen nativen 6K Sensor und zeichnet im hauseige-

---

<sup>13</sup> URL: <http://www.sony.de/pro/article/digital-cinema-what-is-4k> (aufgerufen am 07.06.2015)

<sup>14</sup> URL: <http://www.cinemaxx.de/Kinoinfo/Maxximum4K/?switchCinemald=75>, <https://www.ucicinas.com.br/sony4k/> (aufgerufen am 07.06.2015)

<sup>15</sup> URL: <http://www.digitaltrends.com/photography/4k-is-already-playing-at-a-theater-near-you-but-you-probably-didnt-even-notice/> (aufgerufen am 07.06.2015)

Abbildung 6: [http://www.cinemaxx.com/export/sites/cinemaxx-b2b/de/assets/images/unternehmen/marken/maxximum4k\\_logo.jpg\\_1690241464.jpg](http://www.cinemaxx.com/export/sites/cinemaxx-b2b/de/assets/images/unternehmen/marken/maxximum4k_logo.jpg_1690241464.jpg) (aufgerufen am 07.06.2015)

<sup>16</sup> URL: <http://www.red.com/news/red-dragon-begins-now> (aufgerufen am 07.06.2015)

nen *REDCODE* bis zu 6144 x 3160 Pixel auf.<sup>17</sup> Man erkennt hier also deutlich den Trieb zu noch höheren Auflösungen.

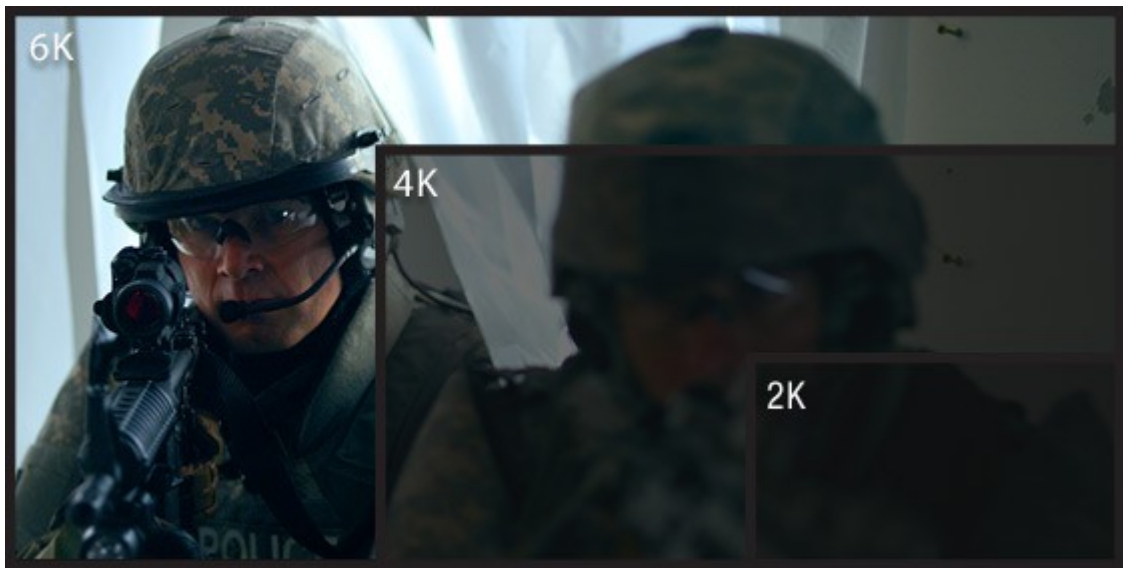


Abbildung 7: Werbebild von RED für ihren Dragon Sensor

Anhand dessen, sowie der Verkaufszahlen von RED müsste man davon ausgehen, dass der größte Teil der im Kino laufenden Filme auf diesen Systemen gedreht ist. Das Gegenteil beweist jedoch ein Artikel auf der Webseite von Arri, hier heißt es:

*„Of the 84 feature films in all of the festival selections, over 60% were shot with ARRI digital or film cameras, and well over 40% - almost half of the movies at Cannes - were captured with ALEXA“<sup>18</sup>*

Die oben genannte Kamera besitzt eine native Auflösung von 2880 x 1620 Pixeln.<sup>19</sup> Dies zeigt auf, dass Kameras mit einer Auflösung unter 4K auch an Filmsets noch nicht ausgestorben sind.

17 URL: <http://de.red.com/products/epic-dragon#tech-specs> (aufgerufen am 08.06.2015)

Abbildung 7: [https://s3.amazonaws.com/red\\_3/images/pages/products/epic\\_dragon/resolution\\_compare\\_560x282.jpg](https://s3.amazonaws.com/red_3/images/pages/products/epic_dragon/resolution_compare_560x282.jpg) (aufgerufen am 08.06.2015)

18 URL: <http://www.arri.com/news.html?article=1222&cHash=40d278c9a5a8d2b446cce3c6b7c75788> (aufgerufen am 08.06.2015)

19 URL: [http://www.arri.com/camera/alexa/cameras/camera\\_details/alexa/subsection/technical\\_data/](http://www.arri.com/camera/alexa/cameras/camera_details/alexa/subsection/technical_data/) (aufgerufen am 08.06.2015)

---

## 3.2 Fernsehen

Nachdem sich das Auflösungsformat 4K im Bereich der digitalen Filmproduktion und im digitalen Kino mehr oder weniger etabliert hat, strebt nun auch die TV-Branche nach dem qualitativ besseren Bild. Im Gegensatz zum Kino spricht man hier jedoch nicht von 4K sondern meistens von Ultra HD. Dieses entspricht einem Seitenverhältnis von 16:9 bei einer Auflösung von 3840 x 2160 Pixel. Sie fällt also etwas geringer aus als die 4K Kinoaflösung mit 4096x2160 Pixel. Nachdem nun viele Kinos mit 4K Projektoren ausgestattet sind, ist das Bestreben großer TV-Hersteller groß, Ultra HD als neuen Standard im Fernsehen zu etablieren. Der japanische Nachrichtensender NHK übertrug 2014 erstmals 4K Content über Satellit, die Fußball Weltmeisterschaft. Doch selbst das ist den Japanern nicht genug. Sie forschen zur Zeit an einer Möglichkeit 8K über einen Satelliten zu übertragen.<sup>20</sup>

Abgesehen davon wurden außerdem während des Confederation Cups in Brasilien mehrere Spiele mit F55 Kameras von Sony in 4K Auflösung aufgezeichnet. Dies diente dazu die Kameras auf ihre Tauglichkeit zu testen Sportereignisse aufzuzeichnen.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> URL.: <http://4k.com/news/nhk-of-japan-confirms-commitment-to-4k-and-8k-broadcasting-5328/> (aufgerufen am 09.06.2015)

<sup>21</sup> Vgl. Eckstein, Eckhard: „Es wird hektisch“ Medien Bulletin, 2013. Heft 6 S.28

Abbildung 8: [https://farm8.staticflickr.com/7355/16359727948\\_209af437e6\\_b.jpg](https://farm8.staticflickr.com/7355/16359727948_209af437e6_b.jpg) (aufgerufen am 10.06.2015)



*Abbildung 8: Sony F55 für eine Live-Übertragung vorbereitet*

Die Preise für Ultra HD TV Geräte sind in den letzten Jahren rapide gefallen, so sind nun schon Modelle unter 1000€ verfügbar. Auch 4K BluRay Player und dazu gehörige 4K gemasterte BluRays sind im Handel erhältlich. Die Preise sind im Vergleich zu Full HD BluRays jedoch enorm hoch.<sup>22</sup> Auch die Preise für Ultra HD TVs sind im Gegensatz zu den HD Konkurrenten viel höher. Somit findet die Etablierung der neuen Geräte nur langsam statt. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass ein Großteil der Sendungen, vor allem in Deutschland, noch im SD Format ausgestrahlt werden. Die Sender besitzen noch nicht die Ressourcen höhere Formate zu senden, versuchen aber den nächsten Auflösungsstandard zu etablieren. Über Satellit werden zur Zeit nur sehr wenige Kanäle mit Ultra HD Material ausgestrahlt. Einzig der PayTV Sender SKY strahlte einige Sendungen in dieser Auflösung aus, darunter ein Fußballspiel und ein Konzert.<sup>23</sup>

Mit der Entwicklung immer dünnerer Flachbildschirme ist auch die Bildschirmdiagonale der Geräte immer weiter gestiegen. Bildschirmgrößen jenseits der 60 Zoll sind nun keine Seltenheit mehr. Eine Auflösung von 1920 x 1080 Pixel ist hier jedoch eher weniger lukrativ gewesen. Diesen großen Bildschirmen kam jedoch die Qualität des neuen Auflösungsformates Ultra HD zugute.

---

<sup>22</sup> Bezieht sich auf Amazon Suchergebnisse mit den Schlüsselworten, 4K, 4K BluRay, 4K BluRay Player, 4K TV

<sup>23</sup> URL.: <http://www.sky.de/ultra-hd-16852> (aufgerufen am 09.06.2015)

---

Ein weiteres wichtiges Merkmal der hochauflösenden Fernseher ist die Smart TV Funktion. Hierbei kann man auf dem Gerät über das Internet auf Apps zugreifen, welche 4K Content bereitstellen. Ein gutes Beispiel sind die Plattformen Netflix<sup>24</sup>, ein Video on Demand-Anbieter und Youtube<sup>25</sup>. Beide Plattformen bieten 4K Content an, welchen man, vorausgesetzt man hat eine entsprechende Internetleitung auf seinem Fernseher streamen kann. Bis sich 4K TVs auf dem Markt komplett durchsetzen, werden jedoch noch einige Jahre. Die Distribution und die Archivierung des Materials bereitet aufgrund der großen Datenmengen noch immer Probleme. Bis alle Problemfaktoren auf der Seite der Produktion beseitigt sind, rechnet sich die Anschaffung neuer Technik für den Konsumenten nicht.

## **4 Technik zur Produktion und Verbreitung von 4K Material**

### **4.1 Die Kamera**

Eine der wichtigsten Rollen bei der Produktion und Verbreitung von 4K Material spielt natürlich die Kamera. Von ihr geht alles aus. Wie in Kapitel 2.2 schon erwähnt ist der ausschlaggebende Punkt in der Kamera der Sensor. Doch dieser wäre nichts ohne das perfekte Zusammenspiel, die perfekte Kombination mit einem passenden Objektiv. Denn um ein Bild in der Kamera zu erzeugen braucht es eben jenes. Doch nicht alle Objektive sind auf Auflösungen jenseits von Full-HD ausgelegt. Deshalb muss bei der Produktion für Optiken darauf geachtet werden, dass sie die komplette Fläche des Sensors ausnutzen können. Ansonsten kommt es auf dem Bild zu einer Vignettierung.<sup>26</sup>

---

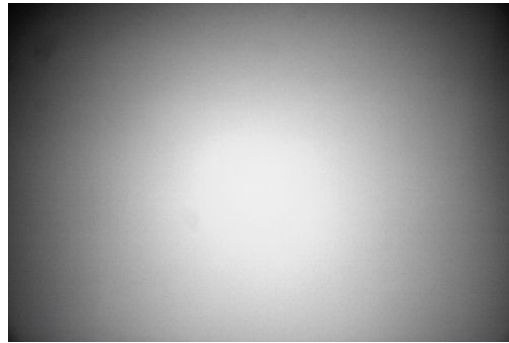
<sup>24</sup> URL: <http://4k.com/movies/> (aufgerufen am 10.06.2015)

<sup>25</sup> URL: <http://www.digitaltrends.com/computing/youtube-60fps-4k-streaming/> (aufgerufen am 10.06.2015)

<sup>26</sup> URL: [http://www.usa.canon.com/cusa/professional/standard\\_display/4k\\_lenses](http://www.usa.canon.com/cusa/professional/standard_display/4k_lenses) (aufgerufen am 11.06.2015)

Abbildung 9: [http://www.bobatkins.com/photography/technical/lens\\_testing/vignette2.jpg](http://www.bobatkins.com/photography/technical/lens_testing/vignette2.jpg) (aufgerufen am 11.06.2015)





*Abbildung 9: Typische Vignette, Objektivrand  
innerhalb der Sensorfläche*

Ein weiteres Element was Einfluss auf die Qualität des Bildes nimmt, ist die Schärfe des Objektivs, wenn dieses nicht genau auf die Sensorfläche berechnet ist, so kann niemals die bestmögliche Schärfe des Produktes erreicht werden.

In den letzten Jahren sind viele Kameras auf den Markt gekommen, welche ein 4K Signal aufzeichnen. Sowohl im Profibereich, als auch im Consumer-Bereich. 2007 brachte RED seine RED ONE auf den Markt.<sup>27</sup> Darauf hin folgten RED Scarlett und RED EPIC. Bis heute ist RED einer der umsatzstärksten Kamerahersteller im Profibereich. Auch andere große Hersteller wie Sony (z.B. Sony F65, 8K Sensor) oder Canon (Eos 1DC, C500) folgten dem neuen Trend.<sup>28</sup> In kürzester Zeit war der Markt überflutet mit 4K Kameras, obwohl der Umstieg von SD auf HD noch nicht endgültig abgeschlossen war. Auch im Consumer-Bereich wurde an neuen Modellen entwickelt welche das neue Format an den Hobbyfilmer bringen sollte. Nach dem großartigen Erfolg von Canon mit ihrer 5D Mark II, welche als erste DSLR eine funktionstüchtige Videofunktion implementiert hatten, sprangen viele Hersteller auf diesen Zug mit auf.<sup>29</sup> Fortan war die Videofunktion in Spiegelreflexkameras nicht mehr wegzudenken. Nach langer Weiterentwicklung der Videofunktionen in Fotokameras, wurde 2014 erstmals ein Fotoapparat mit 4K Aufnahmefunktion vorgestellt, die Panasonic GH4.<sup>30</sup>

---

<sup>27</sup> Vgl. Kapitel 3.1

<sup>28</sup> URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_4K\\_video\\_recording\\_devices#Professional\\_cameras](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_4K_video_recording_devices#Professional_cameras) (aufgerufen am 16.06.2015)

<sup>29</sup> URL: [http://www.traumflieger.de/desktop/kameras/cam\\_5d2.php](http://www.traumflieger.de/desktop/kameras/cam_5d2.php) (aufgerufen am 16.06.2015)

<sup>30</sup> URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Panasonic\\_LUMIX\\_DMC-GH4](https://de.wikipedia.org/wiki/Panasonic_LUMIX_DMC-GH4) (aufgerufen am 16.06.2015)

Abbildung 10: <http://photorumors.com/wp-content/uploads/2014/02/Panasonic-GH4-4k-camera.jpg> (aufgerufen am 16.06.2015)



Abbildung 10: Panasonic GH4 Werbung

Vor allem durch ihre Größe zeichnet sich diese Kamera aus. Kein Wunder also, dass sie vorwiegend auf Drohnen eingesetzt wird um 4K Luftaufnahmen zu machen. So zum Beispiel auch von ESPN bei den Winter X-Games 2015 in Colorado.<sup>31</sup>

Auch EB-Camcorder wurden von Namenhaften Herstellern entwickelt und produziert. So entwickelte zum Beispiel Sony die professionelle Handycam AX1, welche in 4K aufzeichnet und für jeglichen EB-Einsatz gerüstet ist.<sup>32</sup>

Somit steht fest, dass es keinen Mangel an Aufnahmegeräten gibt und die Entwicklung geht immer weiter. Doch worauf wird das Material gespeichert und womit wird es weiterverarbeitet?

## 4.2 Die Verarbeitung

Mit der gestiegenen Auflösung sind auch die Anforderungen an die Speichermedien gestiegen. So bedarf es für das Speichern von 4K bzw. Ultra Hd Materials eine schnell schreibende Speicherkarte mit mehreren Gigabyte Speicherplatz. In der folgenden Grafik wird veranschaulicht, wie viel Platz auf einer Karte benötigt wird, um eine Stunde Material des entsprechenden Codecs zu speichern. Anzumerken ist, dass sowohl MPEG 2 und ProRes HD Codecs sind.

---

31 URL: <http://www.popularmechanics.com/flight/drones/a13629/espn-winter-x-games-2015-aspen/> (aufgerufen am 17.06.2015)

32 URL: <http://www.sony.de/electronics/camcorder/t/handycam-camcorder?bestfor=expert-capability> (aufgerufen am 17.06.2015)

Abbildung 11: [images.productionhub.com.s3.amazonaws.com/newsletter/custom/88eb233c-728f-4c9e-af1e-3cfa1-be1ac54.png](https://images.productionhub.com.s3.amazonaws.com/newsletter/custom/88eb233c-728f-4c9e-af1e-3cfa1-be1ac54.png)

| Data Rates at 24p   |           |                |
|---------------------|-----------|----------------|
| Format              | Data Rate | GB / Hour      |
| MPEG2 422 HD        | 50 Mbps   | 20 GB / Hour   |
| Panasonic GH4 4K    | 100 Mbps  | 45 GB / Hour   |
| ProRes 422 (HQ) HD  | 220 Mbps  | 90 GB / Hour   |
| XAVC 4K             | 330 Mbps  | 148 GB / Hour  |
| AVC-Ultra 4K        | 400 Mbps  | 180 GB / Hour  |
| Canon 1D C MJPEG 4k | 500 Mbps  | 225 GB / Hour  |
| ProRes422(HQ) 4K    | 880 Mbps  | 396 GB / Hour  |
| Sony F5/55 Raw 4K   | 1.0 Gb/s  | 450 GB / Hour  |
| Blackmagic 4K       | 1.4 Gb/s  | 630 GB / Hour  |
| Red 6K WS (4:1)     | 1.4 Gb/s  | 630 GB / Hour  |
| F65RAW (3:1) 4K     | 2.0 Gb/s  | 900 GB / Hour  |
| Canon Raw 4K        | 2.3 Gb/s  | 1036 GB / Hour |
| Phantom Flex4K Raw  | 3.5 Gb/s  | 1.5 TB / Hour  |

*Abbildung 11: verschiedene Codecs und ihre Speicherplatz-Anforderungen*

Wie schon erwähnt benötigt es außerdem ein Speichermedium, welches eine hohe Schreibgeschwindigkeit besitzt. RED setzt auf seine hauseigenen RED-MAGS, dies sind 1,8 Zoll SSD Flashspeicher.<sup>33</sup> Mit dem aufkommen der UHD fähigen SLRs mussten die Hersteller der Speichermedien reagieren, da die hier verwendeten SD-Karten oder CompactFlash Karten nicht die benötigte Schreibgeschwindigkeit aufweisen konnten, daraufhin wurden schnellere Karten entwickelt.



*Abbildung 12: "4K fähige" Speicherkarte von SanDisk*

<sup>33</sup> URL: <http://de.red.com/store/products/redmag-ssd> (aufgerufen am 19.06.2015)

Abbildung 12: [http://www.conrad.de/medias/global/ce/0000\\_0999/0900/0940/0940/1170994\\_RB\\_00\\_FB.EPS\\_1000.jpg](http://www.conrad.de/medias/global/ce/0000_0999/0900/0940/0940/1170994_RB_00_FB.EPS_1000.jpg) (aufgerufen am 20.06.2015)

Natürlich wurde auch der Wunsch danach größer Live-Produktionen mit der neuen 4K-technik zu fahren. Das große Problem war jedoch nach wie vor die Unmengen an Daten, welche während einer Aufzeichnung gebändigt werden müssen. Die hauseigenen Speichermedien der professionellen Videokameras reichten für eine ganze Aufnahme von zum Beispiel 45 Minuten nicht aus. Drittanbieter boten jedoch Lösungen für das Speicherproblem an. So zum Beispiel auch die australische Firma BlackMagic Design. Mit ihrem HyperDeck Studio ist es möglich UHD Videomaterial auf ausreichend schnelle SSDs zu speichern und somit eine reibungslose Aufnahme über mehrere Stunden zu garantieren.<sup>34</sup>

Doch die Aufzeichnung ist nur ein weiterer Schritt zum fertigen Produkt. Nach der Aufzeichnung folgt natürlich die Postproduktion. Auch die Anforderungen an die Postproduktionshäuser und ihre Computersysteme sind gestiegen. Im Gegensatz zu Full HD verbraucht 4K Material viel mehr Leistung in allen Belangen. Vor allem Grafikkarte und Prozessor werden extrem in Anspruch genommen. Natürlich existiert auch hier ein großer Bedarf an Speicherkapazität. Vlady Radev vom 4K Shooters Blog rät zu mindestens einem 4 Kern Prozessor und empfiehlt Grafiken von NVIDIA wie zum Beispiel die QUADRO Serie.<sup>35</sup>



Abbildung 13: Workflow des Hollywood Blockbusters "Gone Girl", NVIDIA und RED

<sup>34</sup> URL: <https://www.blackmagicdesign.com/de/products/hyperdeckstudio> (aufgerufen am 20.06.2015)

<sup>35</sup> URL: <http://www.4kshooters.net/2015/01/27/optimizing-your-computer-for-4k-editing-and-colour-grading/> (aufgerufen am 21.06.2015)

Abbildung 13: <http://videoandfilmmaker.com/wp/wp-content/uploads/2014/10/Gone-Girl-NVIDIA-Workflow.jpg> (aufgerufen am 21.06.2015)

---

Ist der Prozess der Postproduktion abgeschlossen, so muss das Endprodukt an den Konsumenten gebracht werden. Nur über welchen Weg?

### **4.3 Die Verbreitung/4K-fähige Abspielgeräte**

Das fertige Produkt muss nun über bekannte Wege an die breite Bevölkerung gelangen. Die erste Wahl ist hier natürlich das Kino. Ein Großteil aller Kinos ist wie bereits erwähnt mit 4K-Projektoren ausgerüstet und kann Filme dementsprechend in ihr Angebot aufnehmen. Allgemein kann man jedoch sagen, dass der Zuschauer kaum einen Unterschied zwischen einem 4K und einem 2K Endprodukt merken wird, außer er setzt sich in die ersten Reihen des Saals. Anders ist dies jedoch in Bezug auf UHD-TVs und entsprechende Abspielgeräte. Beides ist in letzter Zeit im Preis massiv gesunken und somit haben Privatpersonen die Möglichkeit die hochauflösenden Bilder zuhause zu genießen. Das größte Problem für die Hersteller im Bereich des Home-Entertainments ist, dass ein Spielfilm über 100GB an Speicherplatz belegt. Die vorhandenen Distributionswege, abgesehen von 4K BluRay-Discs lassen so eine Kapazität im Moment nicht zu. Zur Zeit am interessantesten ist jedoch die Distribution über Streaming-Portale wie zum Beispiel Netflix, eine entsprechend schnelle Internetleitung vorausgesetzt. Netflix bietet viele bekannte und beliebte Titel zum Streamen in UHD an.<sup>36</sup> Hierfür benötigt man entweder einen SmartTV, oder ein 4K-fähiges externes Gerät. Eines ist zum Beispiel die Playstation 4. Sony kündigte an, dass es möglich wäre mit der Konsole 4K Content abzuspielen.

Bis sich das Streamen von 4K Inhalten wirklich durchsetzt wird es jedoch noch eine gewisse Zeit dauern, denn viele Video on Demand-Anbieter hosten gerade einmal Inhalte mit einer Auflösung von 1280 x 720 Pixel. Sobald in genügend Haushalten UHD Empfangsgeräte stehen, werden die Hosts jedoch schnell 4K-Inhalte bereitstellen können. Hierfür muss jedoch erst ein richtiger Distributionsweg aufgebaut werden. Sobald die Preise für Empfangsgeräte sinken wird

---

36 URL: <https://help.netflix.com/de/node/13444> (aufgerufen am 21.06.2015)

---

die Nachfrage nach Inhalten groß sein, auch darauf müssen die Anbieter hinarbeiten.

Warum sind alle so begeistert von dem neuen Format und wie groß ist der Unterschied zwischen Full HD und 4K wirklich? Das zeigt der folgende Test.

## 5 Full HD versus 4K

In Kapitel 4.1 wurde schon auf den großen Erfolg der spiegellosen Systemkamera Panasonic GH4 Bezug genommen. Im Folgenden wird unter anderem in einem Test darauf Bezug genommen, welche Unterschiede in der Bildqualität eines 4K und eines Full HD Bildes auftreten.

Das besondere an der Panasonic GH4 ist, dass sie im Gegensatz zu vielen anderen Consumer-Kameras in echtem 4K DCI<sup>37</sup> aufzeichnen kann. Der einzige Nachteil ist, dass sie im Gegensatz zu ihren Mitstreitern einen sehr kleinen Sensor besitzt, was sie lichtunempfindlicher macht.

Um noch einmal grundlegend die Unterschiede in der Auflösung zwischen 4096 x 2160 Pixel und 1920 x 1080 Pixel zu verdeutlichen, folgt ein Bild zur Veranschaulichung:

---

<sup>37</sup> DCI: Digital Cinema Initiatives, ein Verband amerikanischer Filmstudios, welcher technische und qualitative Normen für digitales Kino festlegt



Abbildung 14: Ein 1:1 Zuschnitt des 1080p Bildes, ganz klar erkennbar: es passt vier mal in das darunter liegende

Quelle: [www.eoshd.com](http://www.eoshd.com)

Hier ist nun eindeutig erkennbar, dass das Bild welches in 1080p aufgezeichnet wurde, nach dem es in einem Schnittprogramm darüber gelegt wurde ungefähr vier mal in das Bild aus der Panasonic passt.

Außerdem kann man nun schon das Auflösungsvermögen beider Kameras erahnen.

Weiterhin fällt auf, dass sich der Bildausschnitt beider Kameras etwas unterscheidet. Dies liegt an dem kleineren Sensor der Panasonic GH4, ein micro four thirds (M4/3) Sensor. Wie schon in Kapitel 4.1 erwähnt, strebt man immer danach Sensorgröße und Objektivdurchmesser aufeinander abzustimmen, um Vignettierungen zu vermeiden. Ist der Sensor der Kamera jedoch kleiner als der Durchmesser des Objektivs, so wird der Bildausschnitt beschnitten und der Bildwinkel verkleinert sich.



---

Der Crop-Faktor oder auch Formatfaktor ist für diesen Test jedoch nicht relevant und kann deshalb außer acht gelassen werden.

Im folgenden Bild werden nun die Unterschiede zwischen Full HD und 4K deutlich. Es ist ein 100 % Crop der Abbildung 14.

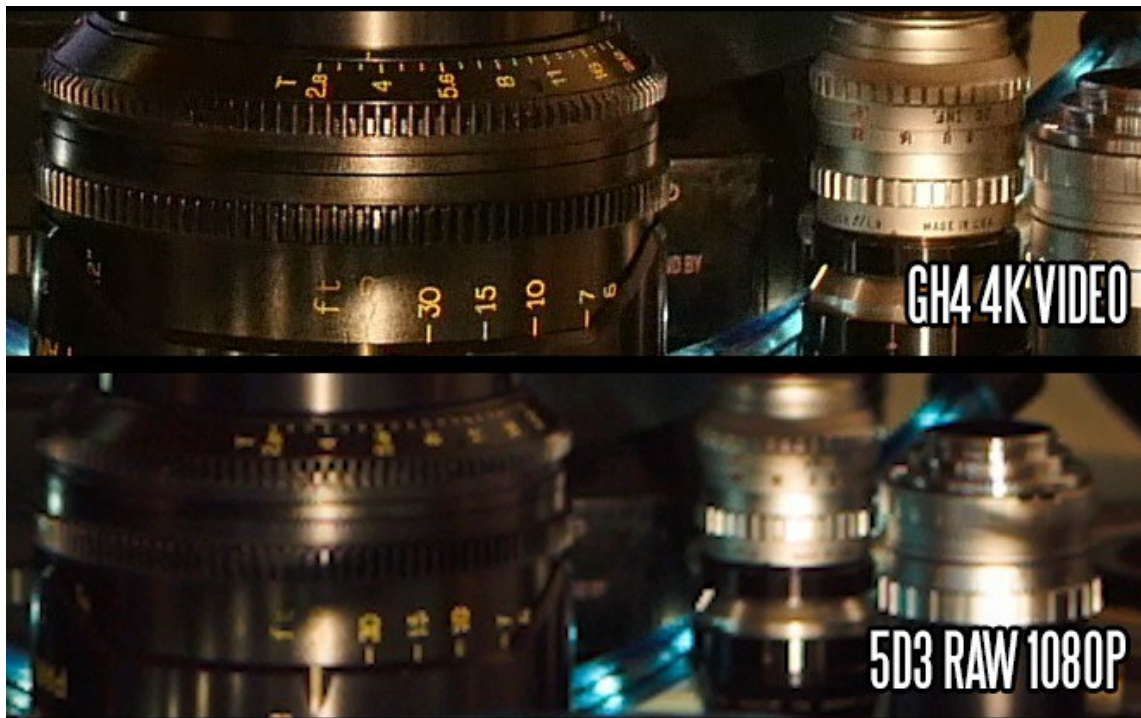


Abbildung 15: 100% Crop, 1080p und 4k sind eindeutig zu unterscheiden

Quelle: [www.eoshd.com](http://www.eoshd.com)

Hier ist nun sehr deutlich zu erkennen, dass 4K eine höhere Pixelanzahl besitzt und deshalb das Bild schärfer darstellt. Im 4K Screenshot kann man eindeutig Übergänge an kontrastreichen Stellen, wie zum Beispiel von Silber zu Schwarz, erkennen im Bild mit einer Auflösung von 1080p jedoch wirkt alles eher verschwommen, man erkennt kaum die Zähne an der Optik im Vordergrund. Im Gegensatz dazu erkennt man auf dem Bild mit einer Auflösung von 4K jeden einzelnen Zahn. Das ist sehr bemerkenswert, wenn man das original Bild betrachtet. Genau das ist auch der Grund warum 4K bei Produktionen von Filmen so beliebt ist, man hat in der Postproduktion nachträglich die Möglichkeit den Bildausschnitt zu verändern ohne Qualitätseinbußen zu erwarten. Man spart sogar während der Produktion Zeit, indem man eine Szene mit einem weit winkligen Objektiv dreht und hinterher beliebig zuschneiden kann.



---

Ein weiteres Bild veranschaulicht die Differenzen bei Kameras mit gleicher Sensorgröße, aber unterschiedlicher Auflösung. Hierbei handelt es sich einmal um die Panasonic GH4 und um das Vorgängermodell GH3.



*Abbildung 16: GH4 4k versus GH3 Full HD*

*Quelle: [www.eoshd.com](http://www.eoshd.com)*

Auch hier werden wieder die Unterschiede deutlich. Das beschnittene Full HD Bild der GH3 wirkt im Gegensatz zur GH4 eher matschig, detail- und kontrastarm.

Somit bestätigt sich also die Theorie, dass Kameras mit höherer Auflösung und Pixelanzahl detailgetreue und farbenfrohere Bilder liefern.

Doch was passiert mit Bildern die eine Auflösung von unter 4K haben, aber trotzdem auf Peripherie mit höherer Pixelanzahl präsentiert werden?

---

Diese Methode nennt sich „Upscaling“ das ist das englische Wort für hochskalieren. Das bedeutet, dass zu einem Bild welches eine geringere Auflösung hat als zum Beispiel ein TV-Gerät , auf dem es gezeigt wird, Pixel dazu addiert werden um den Bildschirm zu füllen. Dies kann auf verschiedene Arten geschehen, entweder werden fehlende Pixel mit Informationen eines umliegenden aufgefüllt, das nennt sich Pixelwiederholung, oder es wird der Mittelwert aller umliegender aufgefüllt, das nennt sich bilineare Interpolation. Letzteres ist die „sauberere“ Variante, da bei der ersten Methode oft matschige Bilder entstehen.<sup>38</sup> Denn wo es keine Informationen gibt, können auch keine entstehen.

## **6 Nachwirkungen von höheren Auflösungen für Produktionen**

Die Umsetzung einer Produktion hängt von vielen verschiedenen Departments ab, sei es nun in der Film- oder Fernsehbranche. Diese Departments müssen untereinander funktionieren wie ein Uhrwerk um einen reibungslosen Ablauf der Dreharbeiten zu gewährleisten. Haben wir jedoch einen Faktor, wie zum Beispiel die Implementierung eines neuen Auflösungsstandards, der alle Beteiligten in ihrer Arbeit beeinflusst, so muss eine Umstrukturierung stattfinden. Die einzelnen Departments müssen neue aufeinander Abgestimmte Workflows erarbeiten. Hierfür ist es wichtig sich untereinander abzustimmen und Probleme gemeinsam zu lösen um den neuen Faktor in die alltäglichen Arbeitsprozesse einzubinden. Dies ist vor allem jetzt entscheidend, da der neue Auflösungsstandard 4K in immer mehr Film-und Fernsehproduktionen eingesetzt werden wird. Eine wichtige Rolle spielt auch die eigenständige Weiterbildung der Teammitglieder um im Produktionsalltag Probleme zu umgehen und Zeit zu sparen.

---

<sup>38</sup> URL: <http://www.video-magazin.de/ratgeber/full-hd-zu-ultra-hd-so-funktioniert-4k-upscaling-1896110.html> (aufgerufen am 25.06.2015)

---

## 6.1 Kameradepartment

Mit der Implementierung von 4K-fähigen Kameras in Produktionen wird vor allem auch das Kameradepartment vor große Herausforderungen gestellt. Vorwiegend der Kameraassistent ist von der neuen Entwicklung betroffen, weniger der Kameramann selbst. Denn der erste Kameraassistent ist dafür verantwortlich das Bild scharf zu halten und das bei sehr geringer Tiefenschärfe über längere Zeiträume. Da sich Kamera und Objektiv, sowie Objekte vor der Kamera bewegen, muss er ständig die Schärfe regulieren. Dies ist nur mit jahrelanger Erfahrung und Vorsicht zu schaffen. Mit der Einführung von 4K steigert sich dieses Problem nochmals und macht sich in verschiedenen Situationen bemerkbar. Zum einen schrumpft der Bereich der Tiefenschärfe nochmals. Dies resultiert aus einem reduzierten Bildunschärfekreis. Olaf Siem schreibt in seinem Artikel in einem Informationsheft der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft:

„Der Unschärfekreis resultiert aus der Größe der Pixel auf der CCD und deren Abstand zueinander“<sup>39</sup>

Dies bedeutet also, dass je Größer die Anzahl der Pixel auf der gleichen Sensorfläche ist, desto kleiner müssen diese und der Abstand zueinander werden. Somit verringert sich also der Unschärfekreis und somit auch die Tiefenschärfe. Der Schärfenassistent ist gezwungen bei Tiefenschärfen von nur wenigen Zentimetern scharf auf dem Objekt zu bleiben. Dies wäre nicht möglich wenn der Assistent keinen eigenen Kontrollmonitor hätte um die Schärfe durchgehend zu kontrollieren.

Das Zweite Problem welches auftritt ist, dass natürlich jegliche Fehler, welche die Schärfe des Bildes betreffen, auf den immer größer und hochauflösenderen Kinoleinwänden und TV-Geräten sofort auffallen. Dies bedeutet, dass vor allem die Kameraassistenten in naher Zukunft immer mehr gefordert werden.

---

39 Siem, Olaf „Anregungen für die Auswahl passender HD-Objektive“.FKT, 2011 Heft 5 S.228



*Abbildung 17: Vor allem Canon wirbt mit der Entwicklung 4K-fähiger Objektive*

Ein weiterer Faktor der die Arbeit der Kameramänner beeinflusst ist die Wahl der richtigen Optiken. In letzter Zeit wurden viele neue Optiken auf den Markt gebracht, welche die neuen höheren Auflösungen unterstützen.

Doch die richtige Wahl der Linsen bleibt entscheidend für den Stil des Endmaterials. So kann ein Großteil der Auflösung durch schlecht verarbeitete Objektive verloren gehen. Einige Kameramänner wählen bewusst „schlechtere“ Linsen oder auch Diffusionsfilter, um der Auflösung entgegen zu wirken und ein weiches Bild zu erzeugen.<sup>40</sup> Dies rechtfertigt dann jedoch nicht die höheren Anschaffungskosten von Kameras mit hoher Detailtreue. Auch die Bildgestaltung wird von der höheren Auflösung und der Wahl der Objektive beeinflusst. So müssen Szenen welche als Close-Ups gedacht sind überdacht werden. Zeigt man ein Gesicht bildfüllend, so müssen die Maskenbildner die Makel des Schauspielers künstlich verdecken.

## **6.2 Maskenbildner**

Vor allem Maskenbildner sind Leidtragende der neuen Auflösungsformate. Ihre Aufgabe am Set ist es die Schauspieler zu schminken, Spezialeffekte anzubringen und sie zu frisieren. Sie müssen nun sehr genau arbeiten, da jedes kleinste Detail vom Zuschauer auf der großen Leinwand wahrgenommen werden kann.

---

<sup>40</sup> URL: <https://www.hurlbutvisuals.com/blog/2012/06/diffusion-for-the-digital-age-the-use-of-glass-filtration/> (aufgerufen am 29.06.2015)

Abbildung 17: [http://www.indiawilds.com/diary/wp-content/images//lenses\\_img\\_product\\_940\\_eos.png](http://www.indiawilds.com/diary/wp-content/images//lenses_img_product_940_eos.png) (aufgerufen am 29.06.2015)

---

Das folgende Bild zeigt die Detailgewalt der RED Epic Dragon, welche mit ihrem 6K Sensor sehr häufig in großen Hollywood Produktionen zum Einsatz kommt:



Abbildung 18: RED Dragon Detail Quelle: <https://vimeo.com/77096287>

Wie an diesem Bild deutlich wird, werden von der Kamera auch die kleinsten Details wahrgenommen. Somit kommt es zu Problemen wenn auf dem Material Hautunreinheiten der Schauspieler sichtbar werden. Dies stört den Konsumenten in der Wahrnehmung der Ausstrahlungskraft des Akteurs auf der Leinwand beziehungsweise auf dem Fernsehbildschirm. Vor allem bei weiblichen Schauspielern muss auf eine korrekte Maske geachtet werden. Durch diese neue hohe Auflösung müssen die Maskenbildner gewissenhafter arbeiten und dies kostet vor allem Zeit. Auch das Anbringen von falschen Bärten, Perücken oder anderen Klebeutensilien muss mit großer Sorgfalt und ohne Fehler vollbracht werden, ansonsten droht die Desillusionierung des Zuschauers.

Da das früher und heute teilweise immer noch verwendete 35mm Filmmaterial gegenüber der SD Auflösung einen höheren Detailreichtum aufweist, waren die Maskenbildner für den Film beim Umstieg von SD auf HD weniger betroffen. Anders sah es jedoch bei Fernsehproduktionen aus. Hier mussten sich die Maskenbildner umstellen, da es ein relativ großer Sprung von der detailarmen SD Auflösung zu der detailreicheren HD Auflösung. Durch den großen Sprung von HD auf UHD sind jedoch alle betroffen.

Das selbst Profis mit der Umstellung zu kämpfen hatten erklärt Peter King, der Chef Maskenbildner der Hobbit Triologie:

---

"Meine bisher größte Herausforderung. Es gab sehr viele selbst angefertigte Gesichts- und Körperteile. Bei den meisten Schauspielern war die eine Hälfte des Gesichts echt und die andere nicht. Wir mussten irgendwo den Übergang setzen und der durfte natürlich nicht zu sehen sein. Wir mussten dermaßen viele Perücken, Bärte, Perückenbänder und Bartschnüre verstecken. Dies nahm unglaubliche Ausmaße an. Einmal haben wir sogar den gesamten in Großbritannien verfügbaren Bestand an Barthaaren aufgekauft."<sup>41</sup>

## 6.3 Kostüm

Auch das Department des Kostüms ist direkt von höheren Auflösungen betroffen. Hier muss nun sehr genau darauf geachtet werden welches Kleidungsstück oder welcher Stoff für welche Szenen genutzt werden. Die unterschiedlichen Strukturen der verwendeten Stoffe können den so genannten Moiré effekt auslösen, welcher direkt im Bild sichtbar wird. Dieser Effekt entsteht nur bei digitalen Sensoren wegen der Anordnung der Pixel auf dem Sensor.



Abbildung 19: Beispiel für Moiré Effekt

Dieser Effekt tritt vor allem sehr unangenehm beim Bewegtbild auf und lenkt die Aufmerksamkeit des Zuschauers von der eigentlichen Handlung ab. Dieses Problem der digitalen Welt ist schon seit langer Zeit bekannt, denn es trat auch

---

<sup>41</sup> URL: <http://www.presseanzeiger.de/pa/Nach-dem-4K-Erlebnis-gibt-es-kein-Zurueck-sagt-der-763352> (aufgerufen am 05.07.2015)

Abbildung 19: <http://i.ytimg.com/vi/jXEgnRWRJfg/hqdefault.jpg> (aufgerufen am 05.07.2015)

---

schon zu Zeiten von SD auf. Der Moiré effekt erreicht jetzt jedoch ein vollkommen neues Niveau, da die die Detailauflösung so extrem hoch ist, dass selbst die feinsten Strukturen dieses auslösen. Der Effekt tritt dann auf, wenn die Struktur des Stoffes genau mit der Anordnung der Pixel auf dem Sensor übereinstimmt.<sup>42</sup>Deshalb werden gemeinsame Tests der Kostümbildner mit dem Kameradepartment immer entscheidender.

Um zu verhindern, dass Moiré auftritt, hat der Kameramann die Möglichkeit leicht den Schärfebereich von dem entsprechenden Objekt zu entziehen. Diese Methode ist jedoch nicht zufriedenstellend, denn es entsteht im Prinzip einfach ein unscharfes Bild.

Das ist der Grund warum auch das Kostüm wissen muss in welcher Auflösung gedreht wird um entsprechende präventive Maßnahmen zu ergreifen. Hier wird wieder deutlich, dass nun alle Departments von einander abhängig sind und eine ständige Kommunikation vor und während der Produktion stattfinden muss.

## 6.4 Postproduktion

In der Postproduktion können aus der Auflösung 4K neue Möglichkeiten gewonnen werden, sie bietet jedoch auch Nachteile. Die Postproduktionsfirma muss natürlich die enormen Massen an Daten irgendwie verarbeiten, die durch das neue Format entstanden sind. Dies kostet eine Menge Zeit und Geld. Betroffen sind hier vor allem die Speicherkapazitäten der Firmen und die Rechenleistungen der Systeme. Die Folgen der großen Datenmengen sind extrem lange Rechen- und Auspielzeiten. Andererseits bedeutet ein gutes 4K Bild mit seiner besseren Detailauflösung in der Nachbearbeitung deutlich mehr Freiheiten. Ein nicht zu vernachlässigender Anteil an Filmszenen wird heutzutage vor Green- bzw. Bluescreens gedreht. Aufgrund des rasanten Fortschritts des digitalen Zeitalters werden immer mehr VFX Effekte in den Filmen integriert. Um diese

---

42 [http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Was\\_ist\\_eigentlich\\_Moir/2164.aspx](http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Was_ist_eigentlich_Moir/2164.aspx) (aufgerufen am 05.07.2015)



---

künstlichen Welten zu erschaffen, ist es von großem Vorteil 4K Material zur Verfügung gestellt zu bekommen.

Häufig müssen digitale Hintergründe in ein bestehendes reales Setting integriert werden, auf dem die Darsteller agieren. Um den fertigen Hintergrund in den Greenscreen einzusetzen, muss dieser sozusagen „herausgestanzt“ werden. Dies ist in der Regel bei starken Kontrasten und richtiger Ausleuchtung kein Problem, aber gerade bei feinen Strukturen, wie z.B. den Haaren des Darstellers, problematisch. Besitzt das Bild eine höhere Auflösung, ist es detailgetreuer aufgelöst, dadurch können die Personen feiner ausgeschnitten werden. Das Ergebnis ist besser als bei einer niedrigeren Auflösung. Doch auch wenn das Ergebnis einer 2K Auflösung entsprechen soll, ist 4K als Ausgangsmaterial gut geeignet. Durch die zusätzliche Auflösung können digitale Zooms bzw. Kamerafahrten künstlich erzeugt werden. Da das Quellmaterial 4x so viele Pixel enthält, kann der Bildausschnitt bis zu einem bestimmten Punkt verändert werden, ohne dass die Grenze der 2K Auflösung erreicht wird.

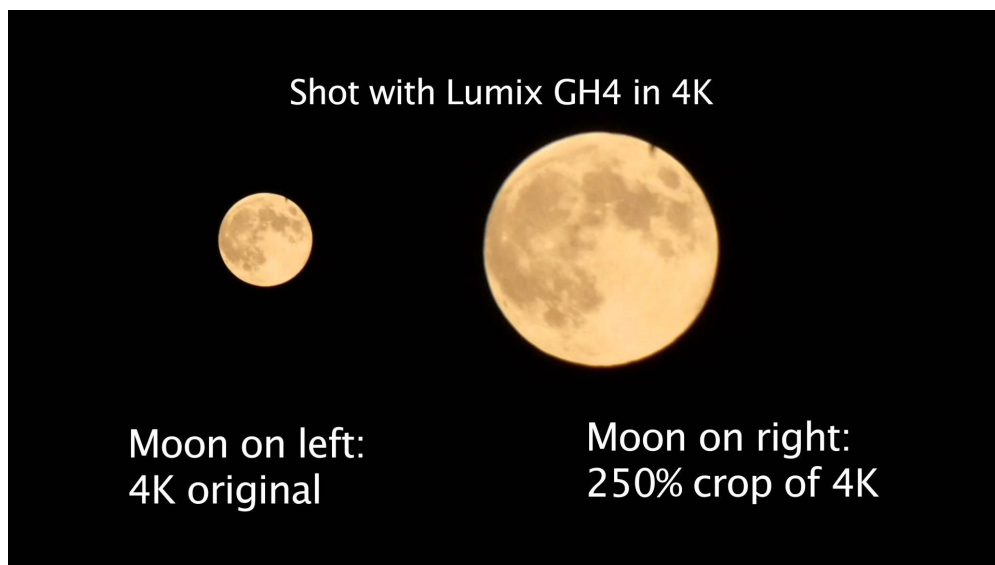


Abbildung 20: Mond beschnitten

Quelle: <http://i.ytimg.com/vi/wEs4c6PvOjk/maxresdefault.jpg>

Dieses Bild zeigt noch einmal anhand der Panasonic GH4 welche Möglichkeiten das Vergrößern von 4K Material mit sich bringt. Die Bearbeitungsmöglichkeiten eines 4K Materials sind immens. Auch für das ausgleichen eventueller Kadrierungsfehler, kann die zusätzliche Auflösung genutzt werden. Unter Vernachlässigung der Problematik mit den Datenmengen, profitiert die Postproduktion



---

bisher am intensivsten von der zusätzlichen Detailauflösung, die 4K mit sich bringt. Es erweitert den Spielraum an Möglichkeiten und kann eventuelle Fehler besser beheben. In Anbetracht der verschiedenen Departments fällt besonders ins Auge, dass der gegenseitige Austausch an Informationen mit der zusätzlichen Auflösung an Bedeutung gewinnt. Um ein qualitativ hochwertiges Produkt liefern zu können, ist die gegenseitige Unterstützung wichtig. Aufkommende Probleme werden im gemeinsam gelöst. Nur über die Wege der Kommunikation können Fehlentscheidungen vermieden werden.

## 7 Ausblick in die Zukunft und Fazit

4K ist definitiv nicht das Ende, das beweisen unter anderem die Jährlich stattfindenden Messen der Unterhaltungsindustrie. Hier werden immer wieder neue Technologien vorgestellt. Der Hunger nach immer höheren Auflösungen ist noch nicht gestillt. Gerade als 4K bei den Massen angekommen ist, wurde bereits über 8K geredet.



Abbildung 21: beyond 4K Quelle:  
<http://mashable.com/2015/01/06/ces-2015-4k-screens-analysis/>

„Beyond 4K“ so das neue Motto der großen Player in der Unterhaltungsindustrie. Erste TV-Geräte mit einer höheren Auflösung als 4K wurden auf der CES 2015 vorgestellt.<sup>43</sup>

---

43 <http://mashable.com/2015/01/06/ces-2015-4k-screens-analysis/> (aufgerufen 15.07.2015)

---

Die Firma RED hatte mit ihrer ersten 4K Kamera die RED ONE den Markt in Richtung der neuen Auflösung angekurbelt, viele große Hersteller wie Sony (F55, aber auch F65 mit 8K! Sensor) und Canon (C500) entwickelten ab nun an auch digitale Kinokameras. Das Rennen um die Kamera mit der höchsten Detailtreue war gestartet. Doch schon bald zeigt RED, dass sie noch immer der Top Player in diesem Bereich sind. Nach ihrer erfolgreichen RED Epic, welche im Prinzip das 4K Zeitalter im Kino einläutete, brachten sie ein neues noch hochauflösenderes Gerät auf den Markt. Die RED Dragon. Mit einem beeindruckenden 6K Sensor wurde sie zum Flaggschiff der digitalen Kinokameras.

Ein anderer namenhafter Hersteller blieb seiner Linie jedoch treu und stellte lange keine 4K Kamera her. Doch vor kurzem wurde eine neue Kamera auf den Markt gebracht, die Arri Alexa Mini. Sie ist die erste Kamera in der Riege von Arri, welche ein Ultra HD Format implementiert hat. Zuvor wurde auch schon ein Update für die Arri Alexa herausgebracht, welche ihr Bild auf 3.2K hochskaliert.<sup>44</sup>Somit steht fest, dass auch die letzten Hersteller auf den Zug aufgesprungen sind und die Jagd nach der höchsten Auflösung kann beginnen.

Auch im Consumer Bereich werden die neuen Technologien schnell implementiert so brachte Panasonic die erste 4K fähige SLR Kamera auf den Markt. Viele, wie zum Beispiel Sony, folgten dem Beispiel und konzentrierten sich auf die Entwicklung neuer hochauflösender Videokameras und Fotoapparate für den Hobbyfilmer. Dies treibt natürlich den Markt ungemein an und so kommen halbjährlich immer wieder neue Geräte auf den Markt.

Im Jahr 2015 sind einige Ultra HD-TVs in den Großmärkten für unter 1000€ zu finden. Die Absätze werden steigen sobald mehr Content in höheren Auflösungen zur Verfügung steht. Zwar werden schon BluRays mit 4K Filmen angeboten, diese sind jedoch größtenteils hochskaliert und die Auswahl lässt zu wünschen übrig. Weiterhin werden kaum TV-Sendungen in einer höheren Auflösung als Full HD ausgestrahlt. Somit sieht die breite Masse noch keinen Zweck sich teure Geräte anzuschaffen.

---

<sup>44</sup> URL: <http://nofilmschool.com/2015/02/arri-alexa-mini-smaller-package-price-cost-release-date> (aufgerufen am 16.07.2015)

---

Hoffnung bereiten jedoch die Video on Demand Anbieter, allen voran Netflix als Vorreiter, welcher schon einige Serien in Ultra HD anbietet. Auch YouTube bietet die Möglichkeit an Videos in 4K Auflösung hochzuladen und zu streamen. Auch wenn das nicht der Content ist den sich viele Konsument wünschen, ist das ein Schritt in die richtige Richtung.

Doch nicht nur hohe Auflösungen werden in der Zukunft eine Rolle spielen, sondern auch andere Technologien, welche das Seherlebnis deutlich verbessern sollen. Netflix treibt eine Technology namens High Dynamic Range (HDR) voran. HDR lässt ein Bild auf dem Fernseher kontrastreicher und lebendiger wirken. Hier erkennen Konsumenten in jedem Fall schneller einen Mehrwert.<sup>45</sup>

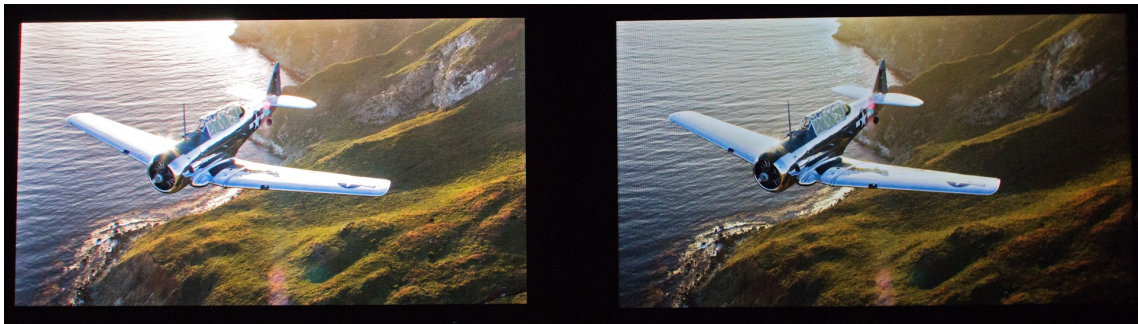


Abbildung 22: Dolby HDR Demo, links mit HDR, rechts ohne HDR

Letztlich ist es wie mit jeder neuen Technologie sie braucht Zeit sich zu Entwickeln und zu verbreiten. Es wird nicht mehr sehr lange dauern bis der Markt voll mit günstigen 4K Endgeräten oder sogar Geräten mit höherer Auflösung ist und bis genügend Content vorhanden ist. Es ist in jedem Fall genügend Technik verfügbar um hochauflösendes Bewegtbild zu produzieren. Doch solange keine Infrastruktur errichtet wird um dieses an den Konsumenten zu bringen, werden noch viele neue Ideen entstehen und es wird immer weiter nach den Sternen gegriffen.

---

<sup>45</sup> <http://www.wired.com/2015/03/netflix-will-remake-image-tv/> (aufgerufen am 16.07.2015)

Abbildung 22: [http://i.i.cbsi.com/cnwk.1d/i/tim2/2013/12/19/Dolby\\_HDR\\_Demo.jpg](http://i.i.cbsi.com/cnwk.1d/i/tim2/2013/12/19/Dolby_HDR_Demo.jpg) (aufgerufen am 16.07.2015)

## **Literaturverzeichnis**

### **Sachliteratur**

WALDRAFF Thomas (Hg.): Springer-Verlag. Digitale Bildauflösung. Berlin, Heidelberg

PALLISTER Inka et al. (Hg.): mediabook Verlag. Digital Media und HD.

Stein-Bockenheim 2005

### **Fachzeitschriften**

SIEM Olaf (Hg.): FKTG. Anregungen für die Auswahl passender HD-Objektive. Heft 5.  
2011. S.226-230 (Google Ebooks)

### **INTERNET**

TECWATCHCROSSMEDIA:

<https://tecwatchcrossmedia.wordpress.com>

CINE4HOME:

<http://www.cine4home.de>

Wikipedia:

<https://de.wikipedia.org>

ARD Digital:

<http://www.ard-digital.de>

Netzwelt:

<http://www.netzwelt.de>

---

Computerbase:

<http://www.computerbase.de>

Digitaltrends:

<http://www.digitaltrends.com>

Sony:

<http://www.sony.de>

CINEMAXX:

<http://www.cinemaxx.de>

UCI

<https://www.ucicinemas.com.br/sony4k/>

RED:

<http://de.red.com>

ARRI:

<http://www.arri.com>

SKY:

<http://www.sky.de>

4K Movies:

<http://4k.com/movies/>

Canon :

<http://www.usa.canon.com>

Traumflieger:

<http://www.traumflieger.de>

Popular Mechanics:

<http://www.popularmechanics.com/>

---

BlackMagic Design

<https://www.blackmagicdesign.com>

4K Shooters:

<http://www.4kshooters.net>

Netflix:

<https://www.netflix.com>

Video Magazin:

<http://www.video-magazin.del>

Presseanzeiger:

<http://www.presseanzeiger.de>

Hurlbut Visuals:

<https://www.hurlbutvisuals.com>

Mashable:

<http://mashable.com/>

NoFilmSchool:

<http://nofilmschool.com>

Wired:

<http://www.wired.com>

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, den TT. Monat JJJJ

Vorname Nachname